

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  H01S 5/18		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/52793  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00543  (22) Internationales Anmeldedatum: 25. Februar 2000 (25.02.00)		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 199 08 426.2 26. Februar 1999 (26.02.99) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, D-81541 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WIPIEJEWSKI, Torsten [DE/DE]; Hombergerweg 2, D-93049 Regensburg (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: INFINEON TECHNOLOGIES AG; Zedlitz, Peter, Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).			

(54) Title: VERTICAL RESONATOR LASER DIODE WITH A LIGHT ABSORBING LAYER

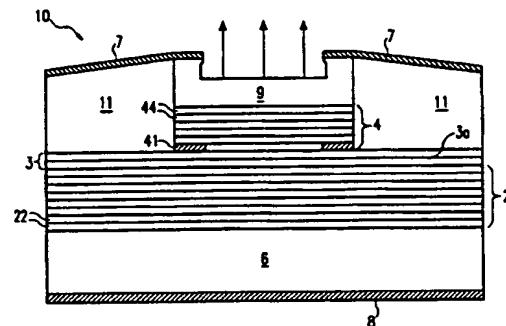
(54) Bezeichnung: VERTIKALRESONATOR-LASERDIODE MIT EINER LICHTABSORBIERENDEN SCHICHT

## (57) Abstract

The invention relates to a vertical resonator laser diode (10, 20). An active series of layers (3) is arranged between a first Bragg reflector layer series (2) and a second Bragg reflector layer series (4) in order to produce laser irradiation. Each Bragg reflector layer series is provided with a plurality of mirror pairs (22, 44). The two Bragg reflector layer series (2, 4) form a laser resonator. The two Bragg reflector layer series (2, 4) and the active series of layers (3) are arranged between a first (7) and a second electrical contact layer (8). One (4) of the two Bragg reflector layer series (2, 4) is partially permeable for laser irradiation which is produced in the active series of layers (3). At least one light absorbing layer (9) with a defined light absorption is arranged between the partially permeable Bragg reflector layer series (4) and the first electrical contact layer (7) or on the light emitting side of the first electrical contact layer (7).

## (57) Zusammenfassung

Die Erfindung beschreibt eine Vertikalresonator-Laserdiode (10, 20), bei der zwischen einer ersten Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (2) und einer zweiten Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (4), von denen jede eine Mehrzahl von Spiegelpaaren (22, 44) aufweist, eine aktive Schichtenfolge (3) zur Erzeugung von Laserstrahlung angeordnet ist, die beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) einen Laser-Resonator bilden, die beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) und die aktive Schichtenfolge (3) zwischen einer ersten (7) und einer zweiten elektrischen Kontaktsschicht (8) angeordnet sind, eine (4) der beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) für die in der aktiven Schichtenfolge (3) erzeugte Laserstrahlung teildurchlässig ist, wobei mindestens eine lichtabsorbierende Schicht (9) mit einer definierten Lichtabsorption zwischen der teildurchlässigen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (4) und der ersten elektrischen Kontaktsschicht (7) oder auf der Lichtaustrittsseite der ersten elektrischen Kontaktsschicht (7) angeordnet ist.



***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BV	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

### Vertikalresonator-Laserdiode mit einer lichtabsorbierenden Schicht

5 Die Erfindung betrifft eine Vertikalresonator-Laserdiode nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Eine derartige Vertikalresonator-Laserdiode ist grundsätzlich aus der US-A-5,637,511 bekannt, die eine Struktur mit Bereichen hohen Widerstands zur Ladungsträgereinschnürung beschreibt, bei der die Lichtauskopplung durch das Substrat erfolgt.

15 Die Verwendung von Vertikalresonator-Laserdioden (VCSELs) in optischen Sendemodulen, wie z.B. PAROLI, erfordert oftmals einen relativ geringen differentiellen Quantenwirkungsgrad (DQE) des Bauelementes innerhalb enger Spezifikationsgrenzen. Dabei werden an die Reproduzierbarkeit der Fertigungsprozesse 20 hohe Anforderungen gestellt. Zur Steigerung der Ausbeute wäre daher eine Einstellung des DQE nach dem epitaktischen Wachstum während der Bauelemente-Prozessierung wünschenswert.

25 Ein weiteres Problem von VCSELs besteht darin, daß Reflexionen der VCSEL-Ausgangsstrahlung an nahen Oberflächen, wie z.B. der Glasfaser-Stirnfläche, zu einem großen Rauschen des Bauelementes führen können, was die Leistungsfähigkeit optischer Datenübertragungssysteme limitiert.

30 Der DQE von VCSELs wird bislang durch die Eigenschaften der Halbleiterschichten bestimmt, die während des epitaktischen Wachstums auf dem Wafer abgeschieden werden. Um einen relativ niedrigen DQE zu erreichen, werden beispielsweise eine große Zahl von Schichtpaaren im Auskoppelspiegel des VCSELs verwendet. Dadurch steigt jedoch die interne optische Intensität im Vergleich zu der externen Strahlungsstärke an, was sich nachteilig auf die Lebensdauer der Bauelemente auswirken kann.

35

Die Rückwirkungsempfindlichkeit von VCSELs wurde bislang allenfalls durch externe optische Elemente, wie teilverspiegelte Linsen, verringert. Optische Isolatoren, wie sie in der optischen Nachrichtentechnik Verwendung finden, scheiden für 5 Datenverbindungen über kurze Entfernung aus Kostengründen aus.

Demgemäß liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu grunde, eine Vertikalresonator-Laserdiode zu schaffen, bei 10 welcher der differentielle Quantenwirkungsgrad gezielt eingestellt werden kann und gleichzeitig die Rückwirkungsempfindlichkeit verringert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 15 gelöst.

In der hier zu beschreibenden Erfindung wird der nach außen sichtbare, externe DQE durch mindestens eine absorbierende Schicht verringert, die in der Umgebung der Oberfläche der 20 Vertikalresonator-Laserdiode (VCSEL) angeordnet ist. Die absorbierende Schicht reduziert die Zahl der nach außen gelangenden Photonen durch Fundamentalabsorption.

Die Erzeugung der lichtabsorbierenden Schicht kann grundsätzlich 25 auf zwei unterschiedliche Arten in den Herstellungsprozeß des VCSEL eingebunden werden.

In der ersten Ausführungsart wird die lichtabsorbierende Schicht gewissermaßen in den VCSEL monolithisch integriert, 30 d.h. sie wird direkt im Anschluß an die Aufbringung der lichtaustrittsseitigen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge vorzugsweise mit ein- und demselben Wachstumsverfahren mit einer bestimmten Dicke auf diese aufgewachsen. Daran anschließend wird eine lichtaustrittsseitige elektrische Kontaktsschicht 35 auf die lichtabsorbierende Schicht aufgebracht und mit einer Lichtaustrittsöffnung versehen. Dann wird die Lichtleistung des VCSEL gemessen und der differentielle Quantenwirkungsgrad bestimmt. Abwechselnd wird dann die lichtabsorbierende Schicht im Bereich der Lichtaustrittsöffnung abgeätzt und die

Lichtleistung gemessen und dieser Verfahrensschritt wird so lange fortgesetzt, bis der gewünschte differentielle Quantenwirkungsgrad erreicht ist.

5 In der zweiten Ausführungsart wird der VCSEL fertigprozessiert und die lichtabsorbierende Schicht wird nachträglich auf die lichtaustrittsseitige elektrische Kontaktsschicht aufgebracht. Die Einstellung der geeigneten Dicke kann wiederum auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen. Die lichtabsorbierende Schicht kann zum einen wie in der ersten Ausführungsart mit einer bestimmten ausreichenden Dicke aufgebracht und alternierend mit Lichtleistungsmessungen abgeätzt werden. Die lichtabsorbierende Schicht kann zum anderen schrittweise mit geringen Schichtdickeninkrementen und alternierend mit Lichtleistungsmessungen aufgebracht werden.

20 Für die in der heutigen optischen Datenübertragung wichtige Wellenlänge von 850nm kann in der ersten Ausführungsart als absorbierende Schicht z.B. eine bis zu mehrere  $\mu$ m dicke GaAs-Schicht verwendet werden. In der zweiten Ausführungsart kann beispielsweise amorphes Silizium durch ein geeignetes Abscheideverfahren aufgebracht werden.

25 Die absorbierende Schicht verringert neben dem differentiellen Quantenwirkungsgrad auch gleichzeitig die externe Steilheit des Bauelementes, ohne die interne Photonendichte nennenswert zu erhöhen. Außerdem werden externe Reflexionen, die in den optischen Resonator des VCSELs zurückfallen, von dieser absorbierenden Schicht gedämpft, so daß eine verbesserte 30 Stabilität des Bauelementes gegenüber externen Rückwirkungen gegeben ist.

35 Im folgenden werden die zwei Ausführungsarten der vorliegenden Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten fertigprozessierten VCSELs näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 den epitaktischen Schichtaufbau einer erfindungsgemäßen Vertikalresonator-Laserdiode, die nach der ersten Ausführungsart hergestellt wurde;

Fig.2 den epitaktischen Schichtaufbau einer erfindungsgemäßen Vertikalresonator-Laserdiode, die nach der zweiten Ausführungsart hergestellt wurde;

5

Die erste Ausführungsart gemäß Fig.1 zeigt den epitaktischen Schichtaufbau einer erfindungsgemäßen Vertikalresonator-Laserdiode 10, bei der eine lichtabsorbierende Schicht 9 in die Laserdiode monolithisch integriert ist.

10

Auf einem GaAs-Substrat 6 befindet sich eine erste, untere Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 2, die aus einzelnen identischen Spiegelpaaren 22 aufgebaut ist. Die Spiegelpaare bestehen jeweils aus zwei AlGaAs-Schichten unterschiedlicher Bandlücke. In gleicher Weise ist eine zweite, obere Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 aus entsprechenden Spiegelpaaren 44 aufgebaut. Zwischen der unteren und der oberen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge ist eine aktive Schichtenfolge 3 eingebettet, die eine aktive Zone 3a aufweist. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die Emissionswellenlänge der Laserdiode 850 nm. Auf der oberen Oberfläche der Laserdiode 10 befindet sich eine erste Metallisierungsschicht 7, die für den elektrischen Anschluß der p-dotierten Seite der Laserdiode 10 verwendet wird. Die erste Metallisierungsschicht 7 weist eine zentrale Öffnung für den Durchtritt der Laserstrahlung auf. Die n-dotierte Seite der Diode wird üblicherweise über eine am Substrat 6 kontaktierte zweite Metallisierungsschicht 8 elektrisch angeschlossen.

30

Die obere Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 enthält in dem Ausführungsbeispiel ein Spiegelpaar 44, welches eine sogenannte Stromapertur 41 enthält. Die Stromapertur 41 sorgt für eine laterale Strombegrenzung und definiert damit die eigentliche aktive lichtemittierende Fläche in der aktiven Zone 3a.

35

Der Stromfluß wird auf den Öffnungsbereich der Stromapertur 41 beschränkt. Somit liegt die lichtemittierende Fläche direkt unterhalb dieses Öffnungsbereichs in der aktiven Zone

3a. Die Stromapertur 41 kann in bekannter Weise durch partielle Oxidation der AlGaAs-Schichten des betreffenden Spiegel-paars oder durch Ionen- oder Protonenimplantation hergestellt werden.

5

Die obere Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 der Laserdiode 10 ist in Form einer Mesa-Struktur oberhalb der aktiven Schicht 3 strukturiert. Die mesaförmige obere Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 wird seitlich durch eine geeignete Passivierungs-10 schicht 11 umschlossen.

Oberhalb der oberen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 ist eine lichtabsorbierende Schicht 9 aufgebracht, durch die eine gezielte Abschwächung der emittierten Lichtstrahlung durch 15 Lichtabsorption eingestellt werden kann. Mit dieser Schicht 9 kann somit der differentielle Quantenwirkungsgrad (DQE) der Laserdiode gezielt eingestellt werden. Bei einer Emissionswellenlänge von 850 nm - wie im vorliegenden Ausführungsbeispiel - bietet sich als Material für die lichtabsorbierende 20 Schicht 9 GaAs mit einer Schichtdicke in der Größenordnung von einigen  $\mu\text{m}$  an. Die GaAs-Schicht wird vorzugsweise mit den anderen Halbleiterschichten der Laserdiode zusammen aufgewachsen. Als Wachstumsverfahren dient MBE (Molekularstrahlepitaxie) oder MOCVD (metallorganische Gasphasenepitaxie). Obwohl die gewünschte Schichtdicke durch Einstellung der Wachstumsparameter relativ genau eingestellt werden kann, ist der 25 differentielle Quantenwirkungsgrad das Produkt mehrerer Faktoren wie z.B. der Materialabsorption, die wiederum von der Dotierung abhängig ist. Daher erfolgt die Einstellung der DQE dadurch, daß die lichtabsorbierende Schicht 9 zunächst mit 30 einer hinreichenden Schichtdicke aufgewachsen und anschließend teilweise wieder abgeätzt wird.

Das Bauelement wird also zunächst fertiggestellt und die 35 emittierte Lichtleistung wird gemessen und daraus wird der DQE ermittelt. Dann wird die lichtabsorbierende Schicht im Bereich der Lichtaustrittsöffnung der ersten elektrischen

Kontaktschicht teilweise abgeätzt, wobei die aufgebrachte Metallisierungsschicht 7 als Ätzmaseke wirken kann. Bei dem in Fig.1 dargestellten Bauelement ist die in die GaAs-Schicht 9 geätzte Vertiefung und die geringfügigen Unterätzungen im 5 Randbereich der Lichtaustrittsöffnung zu erkennen.

Die Herstellung der Mesa-Struktur der Laserdiode und die Erzeugung der Oxidapertur 41 erfolgt nach dem Aufwachsen der lichtabsorbierenden Schicht 9. Dann wird die Struktur mit der 10 Passivierungsschicht 11 planarisiert und die erste Kontaktsschicht 7 aufgebracht, worauf - wie bereits beschrieben - die Einstellung der Schichtdicke der lichtabsorbierenden Schicht durchgeführt wird.

15 In Fig.2 ist eine erfindungsgemäße Vertikalresonator-Laserdiode 20 dargestellt, die nach der zweiten Ausführungsart hergestellt wurde. Der Einfachheit halber sind für funktions- oder bedeutungsgleiche Elemente wie in Fig.1 die gleichen Bezugsziffern gewählt worden und deren Erläuterung wird 20 hier weggelassen.

Bei dieser Ausführungsart wird der VCSEL fertigprozessiert und auf die lichtaustrittsseitige Bragg-Reflektor-Schichtenfolge 4 wird die erste elektrische Kontaktschicht 7 25 mit der Lichtaustrittsöffnung aufgebracht. Gewünschtenfalls kann zunächst die Lichtleistung gemessen und der DQE des VCSEL bestimmt. Danach erfolgt die Aufbringung der lichtabsorbierenden Schicht 9, die in dieser Ausführungsart beispielsweise aus amorphem Silizium bestehen kann. Diese wird 30 zunächst mit einem geeigneten Abscheideverfahren wie z.B. Aufdampfen auf die Lichtaustrittsöffnung aufgebracht. Vorgezugsweise wird die Schicht 9 durch eine geeignete Maskierung oder durch Lift-Off-Technik derart aufgebracht, daß sie die Lichtaustrittsöffnung bedeckt und die erste Kontaktierungsschicht 7 im Randbereich geringfügig überlappt.

Die geeignete Schichtdicke der lichtabsorbierenden Schicht 9 kann durch wechselweises Aufbringen der Schicht und Messen der Lichtleistung eingestellt werden, wobei der Verfahrensschritt beendet wird, wenn der gewünschte DQE erreicht ist.

5 Es kann aber auch wie bei der ersten Ausführungsart zuerst eine ausreichende Schichtdicke aufgebracht werden und anschließend durch wechselweises Abätzen und Messen der Lichtleistung die geeignete Schichtdicke eingestellt werden.

**Patentansprüche**

1. Vertikalresonator-Laserdiode (10, 20), bei der
  - zwischen einer ersten Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (2) und einer zweiten Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (4), von denen jede eine Mehrzahl von Spiegelpaaren (22, 44) aufweist, eine aktive Schichtenfolge (3) zur Erzeugung von Laserstrahlung angeordnet ist,
  - die beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) einen Laser-Resonator bilden,
  - die beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) und die aktive Schichtenfolge (3) zwischen einer ersten (7) und einer zweiten elektrischen Kontaktsschicht (8) angeordnet sind,
  - eine (4) der beiden Bragg-Reflektor-Schichtenfolgen (2, 4) für die in der aktiven Schichtenfolge (3) erzeugte Laserstrahlung teildurchlässig ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß
    - mindestens eine lichtabsorbierende Schicht (9) mit einer definierten Lichtabsorption auf der Lichtaustrittsseite der teildurchlässigen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (4) angeordnet ist.
2. Vertikalresonator-Laserdiode (10) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß
  - die lichtabsorbierende Schicht (9) zwischen der teildurchlässigen Bragg-Reflektor-Schichtenfolge (4) und der ersten elektrischen Kontaktsschicht (7) angeordnet ist.
- 30 3. Vertikalresonator-Laserdiode (20) nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß
  - die lichtabsorbierende Schicht (9) auf der Lichtaustrittsseite der ersten elektrischen Kontaktsschicht (7) aufgebracht ist.
- 35 4. Vertikalresonator-Laserdiode (10, 20) nach Anspruch 2 oder 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

- die lichtabsorbierende Schicht (9) im Bereich der Lichtaustrittsöffnung zur Einstellung der definierten Lichtabsorption gezielt abgeätzt ist.

5

5. Verfahren zur Herstellung einer Vertikalresonator-Laserdiode nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem

- auf ein Halbleitersubstrat nacheinander die erste Bragg-Reflektor-Schichtenfolge, die aktive Schichtenfolge, die zweite Bragg-Reflektor-Schichtenfolge und die lichtabsorbierende Schicht mit einer bestimmten Dicke aufgebracht wird,
- auf die lichtabsorbierende Schicht die erste elektrische Kontaktschicht mit einer Lichtaustrittsöffnung aufgebracht wird und auf die Substratrückseite die zweite elektrische Kontaktschicht aufgebracht wird,
- die Lichtleistung gemessen und der differentielle Quantenwirkungsgrad bestimmt wird und die lichtabsorbierende Schicht im Bereich der Lichtaustrittsöffnung so lange abgeätzt wird, bis ein gewünschter differentieller Quantenwirkungsgrad erreicht ist.

6. Verfahren zur Herstellung einer Vertikalresonator-Laserdiode nach Anspruch 1 oder 3, bei welchem

- auf ein Halbleitersubstrat nacheinander die erste Bragg-Reflektor-Schichtenfolge, die aktive Schichtenfolge und die zweite Bragg-Reflektor-Schichtenfolge aufgebracht wird,
- auf die zweite Bragg-Reflektor-Schichtenfolge die erste elektrische Kontaktschicht mit einer Lichtaustrittsöffnung aufgebracht wird, und auf die Substratrückseite die zweite elektrische Kontaktschicht aufgebracht wird,
- im Bereich der Lichtaustrittsöffnung die lichtabsorbierende Schicht aufgebracht wird, wobei
- entweder die lichtabsorbierende Schicht mit einer bestimmten Dicke aufgebracht, die Lichtleistung gemessen und der differentielle Quantenwirkungsgrad bestimmt

wird und die lichtabsorbierende Schicht im Bereich der Lichtaustrittsöffnung so lange abgeätzt wird, bis ein gewünschter differentieller Quantenwirkungsgrad erreicht ist,

5 - oder die lichtabsorbierende Schicht schrittweise aufgebracht wird, wobei zwischendurch die Lichtleistung gemessen und der differentielle Quantenwirkungsgrad bestimmt wird, und der Verfahrensschritt beendet wird, sobald ein gewünschter differentieller Quantenwirkungsgrad erreicht ist.

10

1/1

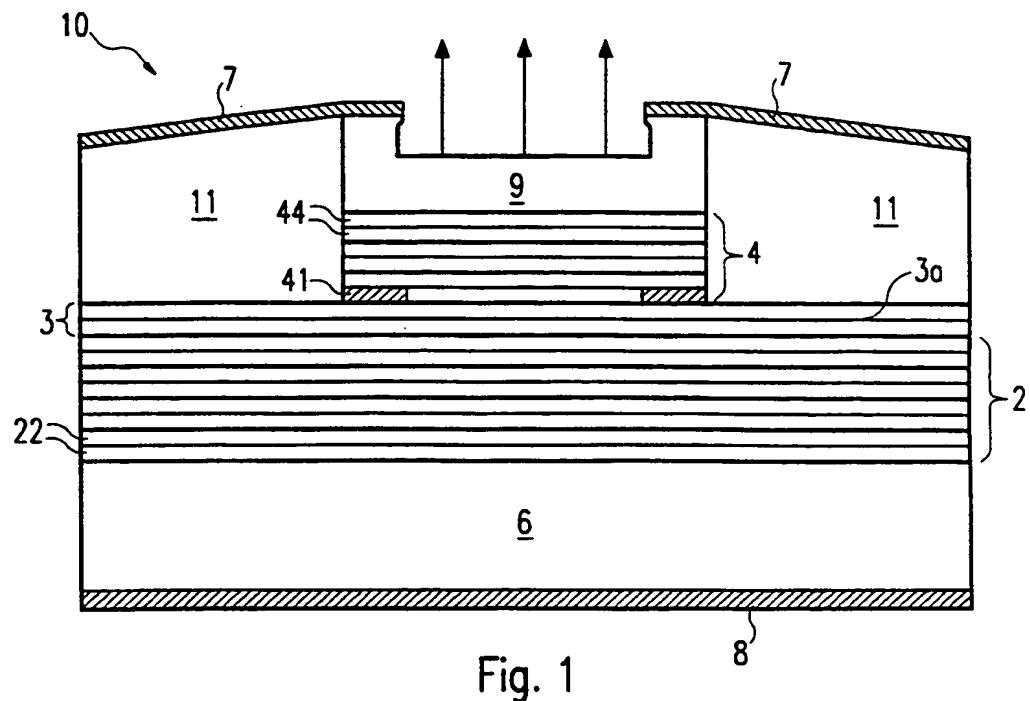


Fig. 1

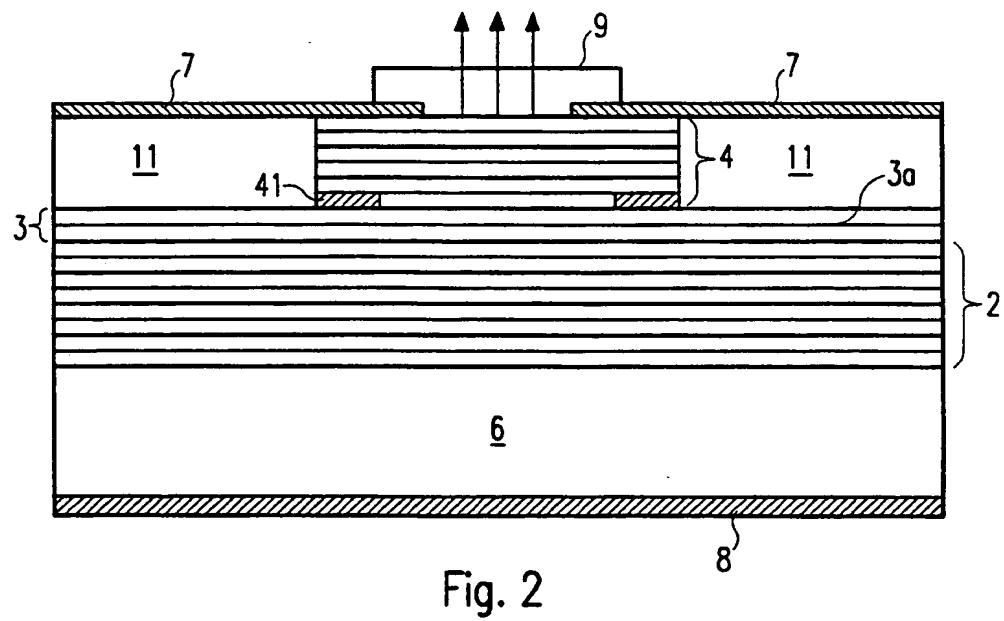


Fig. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/00543

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01S5/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 892 473 A (MITEL SEMICONDUCTOR AB) 20 January 1999 (1999-01-20) the whole document ---	1,5,6
A	US 5 838 715 A (TAN MICHAEL R ET AL) 17 November 1998 (1998-11-17) abstract; figure 1 ---	1,5,6
A	US 5 745 515 A (MARTA TERESA M ET AL) 28 April 1998 (1998-04-28) column 6, line 18 -column 7, line 8; figure 1 ---	1,5,6
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 July 2000

Date of mailing of the international search report

25/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Claessen, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/00543

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 112 (E-0897), 28 February 1990 (1990-02-28) & JP 01 310585 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 14 December 1989 (1989-12-14) abstract ---	1
A	BRIVIO F ET AL: "FEEDBACK EFFECTS IN OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS: CHARACTERISTIC CURVE FOR SINGLE-MODE INGAASP LASERS" APPLIED OPTICS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 31, no. 24, 20 August 1992 (1992-08-20), pages 5044-5050, XP000294668 ISSN: 0003-6935 page 5049 ---	1,5,6

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

National Application No

PCT/DE 00/00543

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0892473 A	20-01-1999	GB 2327297 A CA 2242853 A JP 11087846 A	20-01-1999 14-01-1999 30-03-1999
US 5838715 A	17-11-1998	JP 10056233 A	24-02-1998
US 5745515 A	28-04-1998	NONE	
JP 01310585 A	14-12-1989	NONE	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 00/00543A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01S5/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>1</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 892 473 A (MITEL SEMICONDUCTOR AB) 20. Januar 1999 (1999-01-20)	1,5,6
A	das ganze Dokument ---	
A	US 5 838 715 A (TAN MICHAEL R ET AL) 17. November 1998 (1998-11-17) Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	1,5,6
A	US 5 745 515 A (MARTA TERESA M ET AL) 28. April 1998 (1998-04-28) Spalte 6, Zeile 18 -Spalte 7, Zeile 8; Abbildung 1 ---	1,5,6
		-/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipiell oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "a" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichtes

17. Juli 2000

25/07/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Claessen, L

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 00/00543

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 112 (E-0897), 28. Februar 1990 (1990-02-28) & JP 01 310585 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 14. Dezember 1989 (1989-12-14) Zusammenfassung ---	1
A	BREVIO F ET AL: "FEEDBACK EFFECTS IN OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS: CHARACTERISTIC CURVE FOR SINGLE-MODE INGAASP LASERS" APPLIED OPTICS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, Bd. 31, Nr. 24, 20. August 1992 (1992-08-20), Seiten 5044-5050, XP000294668 ISSN: 0003-6935 Seite 5049 -----	1,5,6

**INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00543

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0892473 A	20-01-1999	GB 2327297 A CA 2242853 A JP 11087846 A	20-01-1999 14-01-1999 30-03-1999
US 5838715 A	17-11-1998	JP 10056233 A	24-02-1998
US 5745515 A	28-04-1998	KEINE	
JP 01310585 A	14-12-1989	KEINE	